

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-92844  
(P2002-92844A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B 5/667		G 1 1 B 5/667	5 D 0 0 6
5/66		5/66	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-282216 (P2000-282216)

(22) 出願日 平成12年9月18日 (2000.9.18)

(71) 出願人 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(72) 発明者 稲葉 信幸

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72) 発明者 桐野 文良

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(74) 代理人 100079555

弁理士 梶山 信是 (外1名)

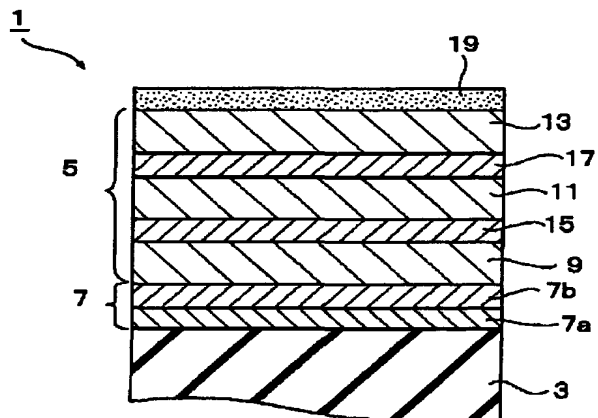
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及び該媒体を用いた情報記録装置

(57) 【要約】

【課題】 情報記録用の磁性層に形成される磁区が安定に存在できる構造を有する磁気記録媒体を提供する

【解決手段】 非磁性基体上に少なくとも情報記録層を有する磁気記録媒体において、前記情報記録層は少なくとも3層の磁性層からなり、前記磁性層は該各磁性層同士が互いに非磁性層を介して積層されており、非磁性基体に最も近い側の磁性層及び磁気ヘッドに最も近い側の磁性層がそれぞれ硬質磁性膜であり、該硬質磁性膜の中間に配置される磁性層が軟質磁性膜であり、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層が情報の記録に使用され、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層と中間磁性層とが互いに静磁氣的に結合している。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基体上に少なくとも情報記録層を有する磁気記録媒体において、前記情報記録層は少なくとも3層の磁性層からなり、前記磁性層は該各磁性層同士が互いに非磁性層を介して積層されており、非磁性基体に最も近い側の磁性層及び磁気ヘッドに最も近い側の磁性層がそれぞれ硬質磁性膜であり、該硬質磁性膜の中間に配置される磁性層が軟質磁性膜であり、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層が情報の記録に使用され、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層と中間磁性層とが互いに静磁的に結合していることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 前記情報記録層の膜厚が12nm～50nmの範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 前記情報記録層と非磁性基体との間に下地層が存在することを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 前記情報記録層へ情報を記録する場合には、前記磁性層の磁化の方向が3層とも同一方向であり、情報を再生或いは保持する場合には、第1層目の磁性層と第3層目の磁性層とが同じ磁化方向を有し、第2層目の磁性層の磁化方向が第1層目及び第3層目の磁性層の磁化方向と反対向きとなることを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 前記情報記録層へ情報を記録する場合、該磁性層のうち、硬質磁性を有する第1及び第3の磁性層を外側から印加した磁界により該磁性層の磁化の方向を所定の方向に向け、かつその方向が同一方向となることを特徴とする請求項4に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 前記情報記録層が50Gb/in<sup>2</sup>以上30の面記録密度を有することを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 少なくとも磁気記録媒体、磁気ヘッド、ディスク駆動系及び電気回路を有する情報記録装置において、前記磁気記録媒体は非磁性基体上に少なくとも情報記録層を有し、該情報記録層は少なくとも3層の磁性層からなり、前記磁性層は該各磁性層同士が互いに非磁性層を介して積層されており、非磁性基体に最も近い側の磁性層及び磁気ヘッドに最も近い側の磁性層がそれぞれ硬質磁性膜であり、該硬質磁性膜の中間に配置される磁性層が軟質磁性膜であり、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層が情報の記録に使用され、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層と中間磁性層とが互いに静磁的に結合していることを特徴とする情報記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は大量の情報を迅速かつ正確に格納するための磁気記録媒体に関する。更に詳細には、本発明は高性能で、かつ高信頼性を有する磁気

2

ディスク用の記録媒体の構造、さらに、その磁気記録媒体を用いた情報記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年の高度情報化社会の進展にはめざましいものがあり、各種形態の情報を統合したマルチメディアが急速に普及してきている。これを支える情報記録装置の1つに磁気ディスク装置がある。現在、磁気ディスク装置は、記録密度を向上させつつ小型化が図られている。それと並行して、ディスク装置の低価格化が急速に進められている。

【0003】ところで、磁気ディスクの記録容量の高密度化を実現するためには、1) ディスクと磁気ヘッドとの距離をつめること、2) 媒体の保磁力を増大させること、3) 信号処理方法を工夫すること、4) 熱揺らぎの小さい媒体を開発するなどが必須の技術である。

【0004】中でも、磁気記録媒体においては、高密度記録を実現するために、保磁力の増大が必須である。これに加えて、50Gb/in<sup>2</sup>を超える面記録密度を実現するためには、記録や消去時に磁化反転が生じる単位（クラスター）をさらに小さくしたり、その分布を精密に制御しなければならない。このように制御することは、熱揺らぎ低減の観点からも重要となってきた。

【0005】これと同時に、微小な結晶粒子が存在していると、熱揺らぎを生じやすい。そのため、粒子径を一定の大きさ以上にしなければならない。しかし、結晶粒子が粗大化すると、高密度記録を行う場合にノイズが増大する。このように、結晶粒子サイズおよびその分布を制御する必要があった。これらを実現する方法として、例えば、米国特許第4652499号公報に、磁性膜の下にシード膜を設けることが提案されている。

【0006】上記の従来技術では、シード膜を介して作製した情報記録用の強磁性薄膜における結晶粒子サイズおよびその分布を制御するには限界があり、特に、50Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を得る場合に、媒体ノイズや熱揺らぎを十分に抑制できない場合があった。これは、磁性膜の結晶粒子をシード膜材料の選択や作製条件や構造の最適化しても、10nm前後の粒子サイズを得ようと微細化した結果、10nmの2倍程度に粗大化した粒子や、逆に、10nmの1/2程度に微細化した粒子が混在しているからである。その分布も裾野の広いガウス分布であった。

【0007】そして、この中で、平均より大きな結晶粒子は、記録/再生を行うとノイズの増大につながる。逆に、平均より小さな粒子は、記録/再生を行うと熱揺らぎが増大する。この他に、磁性結晶粒子間の磁気的な相互作用により、磁化反転サイズが粒子で5～10個分と著しく大きくなっていた。そのためにも、磁気的相互作用を大きく低減し、かつ、結晶粒子の平均値の10nmを中心に粒子サイズを精密に制御できる技術を確立することが超高密度磁気記録の実用化にとって重要なことで

3

あった。しかし、実際問題として、結晶粒子の粒子サイズを平均値の10nmに収斂するように精密に制御することは容易なことではない。従って、結晶粒子の粒子サイズを制御すること以外の方法で50Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を達成する新たな方法の開発が強く求められてきた。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の第1の目的は、情報記録用の磁性層に形成される磁区が安定に存在できる構造を有する磁気記録媒体を提供することである。本発明の第2の目的は、情報記録用の磁性層に微小な磁区を容易に形成し、しかもその磁区が安定に存在できる50Gb/in<sup>2</sup>級以上の超高記録密度の記録を行うのに好適な媒体構造を有する磁気記録媒体を提供することである。本発明の第3の目的は、前記の構造を有する50Gb/in<sup>2</sup>を超える超高密度磁気記録媒体を使用する情報記録装置を提供することである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題は、非磁性基体上に情報記録層を有する磁気記録媒体において、前記情報記録層は少なくとも3層の磁性層からなり、前記磁性層は該各磁性層同士が互いに非磁性層を介して積層されており、非磁性基体に最も近い側の磁性層及び磁気ヘッドに最も近い側の磁性層がそれぞれ硬質磁性膜であり、該硬質磁性膜の中間に配置される磁性層が軟質磁性膜であり、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層が情報の記録に使用され、磁気ヘッドに最も近い側の磁性層と中間磁性層とが互いに静磁的に結合していることを特徴とする磁気記録媒体により解決される。

【0010】これらの磁性層の中で、基板に最も近い側に設けた第1層目の磁性層が硬質磁性層であり、また、最も磁気ヘッドに近い第3層目の磁性層も硬質磁性膜である。しかも、この第3層目の磁性層には、情報の記録を行なう役割を有する。最後に、両磁性層の中間に位置する第2層目の磁性層は、軟磁性を有する薄膜を用いることが最も好ましい。ここで、第2層目の磁性膜と第3層目の磁性膜とが互いに静磁的に結合していることが好ましい。このような少なくとも3層の磁性膜を有する磁気記録媒体において、情報をこの記録媒体へ記録する時（磁界が磁気ヘッドにより記録媒体へ印加されているとき）には、これらの磁性層の磁化の方向が3層とも同一方向であり、情報を再生あるいは保持する場合には、第1層目の磁性層と第3層目の磁性層とが同じ磁化の向きであり、第2層目の磁化の向きが第1層目および第3層目の磁性膜の磁化の向きと反対向きであることが好ましい。ここで、上述の記録媒体へ情報を記録するのに、少なくとも3層からなる磁性層のうち硬質磁性有する第1および第3の磁性層を外側から印加した磁界により磁性層の磁化の方向を所定の方向に向け、かつ、その方向が同一の方向であることが好ましい。ここで、磁化容易

4

磁区の向きはいずれも基板と平行方向である面内に磁化容易軸を有する磁気記録媒体を用いることが好ましい。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の磁気記録媒体について詳細に説明する。

【0012】図1は本発明の磁気記録媒体の一例の概要断面図である。本発明の磁気記録媒体1は基本的に、非磁性基体3と、この上に形成された情報記録層5とからなる。

【0013】図示されているように、情報記録層5は2層構造の下地層7a、7bを介して非磁性基体3上に形成することができる。別法として、下地層7を介さず、非磁性基体3上に直接形成することもできる。しかし、下地層7を使用すると、情報記録層5の磁気特性が改善されるので、一般的に、下地層7を使用することが好ましい。下地層7は単一層でもよいが、下地層7を複数の層から構成すると、単一の場合に比べて、上部に形成される情報記録層5の磁性結晶粒が良質の結晶性を示すようになるとともに、磁性結晶粒の粒径分布も向上することにより、磁気特性の改善、特に、保磁力の向上と熱安定性の向上の効果が得られる。このような下地層7の形成に使用される材料は当業者に公知である。例えば、Cr、V、Mo、W、Nb、Ti、Ni、Al及びこれらの合金類などが下地層形成材料として好適に使用される。下地層7の成膜方法としては、蒸着法、スパッタ法、サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法など当業者に公知の常用又は慣用方法を使用することができる。下地層7の配向性を向上させ、かつ、結晶粒子を微細化できる点から、ECRスパッタ法により下地層7を成膜する事が好ましい。

【0014】図示されているように、情報記録層5は、第1の磁性層9、第2の磁性層11及び第3の磁性層13の3層からなり、第1の磁性層9と第2の磁性層11との間には第1の非磁性層15が配設され、更に第2の磁性層11と第3の磁性層13との間には第2の非磁性層17が配設されている。この場合、第2の磁性層と第3の磁性層との間に静磁的結合が形成される。磁性層は図示された3層構造に限らず、3層以上の奇数層（例えば、5層又は7層）であることもできる。この場合も、磁性層間是非磁性層で区切る。奇数層とするのは、最上部の層以外から生じる磁束をキャンセルすることにより、記録ビットを高精度に読むためである。従って、2層又は4層などの偶数層でも還流磁区は形成されるが、上記の観点から所望の特性が得にくい。

【0015】磁性層と非磁性層とからなる情報記録層5の厚さは一般的に、12nm～50nmの範囲内であることが好ましい。10nm未満では均一な膜厚の情報記録層5を形成することが困難であり、膜中にピンホールなどが発生する可能性が生じるばかりか、磁気特性も劣化するので好ましくない。一方、膜厚が50nmを超え

5

ると、ヘッドからの書き込み磁界が情報記録層5の下部まで十分には届かず、情報記録層5に不十分な状態で記録ビットが形成されるなどの問題が生じるので好ましくない。

【0016】第1、第2及び第3の磁性層9、11及び13の膜厚はそれぞれ同一でもよく、或いは相互に異なってもよい。磁性層9、13の膜厚は4nm～20nmの範囲内であることが好ましい。これらの磁性層の膜厚が4nm未満では均一な膜厚の磁性層を形成することが困難であるばかりか、熱揺らぎのために記録磁化が安定に存在しなくなる可能性がある。また、膜厚が20nmを超えると、磁性層に記録されたビットの反磁界のために高密度記録時に安定してビットを形成できなくなる可能性がある。一方、軟磁性層11の膜厚は2nm～20nmの範囲内であることが好ましい。膜厚が2nm未満では均一な膜厚の磁性層を形成することが困難であるばかりか、膜中にピンホールなどが発生する可能性がある。また、膜厚が20nm超の場合、ヘッドからの書き込み用の磁界が磁性層11に吸収される割合が増大し、磁性層9に記録するために十分な磁界が届き難くなる可能性がある。第1磁性層と第2磁性層の関係は、各磁性層の飽和磁化を $Ms_1$ 、 $Ms_2$ 、膜厚を $t_1$ 、 $t_2$ とすると、 $Ms_1 t_1$ と $Ms_2 t_2$ の各値がほぼ等しいほうが好ましい。これは、第1磁性層に記録されたビットから生じる磁束が第2磁性層でキャンセルされるために、再生時にヘッドで検出される記録ビットからの磁束は第3磁性層のみからなり、再生時のヘッドが飽和することを防ぎやすくなるからである。

【0017】磁性層の形成材料としては、第1及び第3の磁性層9及び13には硬質磁性膜形成材料を使用し、第2の磁性層11には軟質磁性膜形成材料を使用することが好ましい。硬質磁性膜形成材料は、例えば、Co-Cr、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Pt-B、Co-Cr-Pt-Ta、Co-Cr-Pt-Ta-B、Co-Cr-Pt-Nb、Co-Cr-Pt-Ta-NbなどのCo-Cr系合金や、Sm-Co、Nd-Fe-Bなどの希土類金属を用いた金属間化合物、Co-Pt、Fe-Ptなどの規則合金などが使用できる。軟質磁性膜形成材料としては、例えば、Fe-Ni、Fe-Al-Si、Fe-Nなどの結晶性軟磁性材料、Fe-Ta-Cなどの微粒子析出型軟磁性材料、Co-Nb-Zr、Co-Ta-Zrなどの非晶質軟磁性材料が使用できる。特に、磁性層13の結晶配向性を制御し、磁気特性を向上する点から結晶性軟磁性材料を用いることがより好ましい。

【0018】磁性層の成膜方法は当業者に公知の慣用又は常用の方法であれば全て使用できる。例えば、ペーパデポジション法、DCマグネトロンスパッタ法、ECRスパッタ法などの方法を使用できる。ECRスパッタ法が好ましい。ECRスパッタ法を用いると、DCマグネ

6

トロンスパッタ法で作製した場合より保磁力が増大し、また、10nm以下の膜厚にしても保磁力の劣化は見られないかあるいは著しく小さい。また、磁気異方性も増大するという効果も得られる。

【0019】第1及び第2の非磁性層15及び17の膜厚はそれぞれ同一でもよく、或いは相互に異なってもよい。各非磁性層の膜厚は一般的に、1nm～5nmの範囲内である。各非磁性層の膜厚が1nm未満では静磁気的結合が得られないので不適当である。一方、各非磁性層の膜厚が5nm超の場合、磁性層間に働く静磁気的結合が弱くなり、各層ごとに磁化が独立で振る舞うなどの不都合を生じるので好ましくない。各非磁性層の膜厚は1nm～3nmの範囲内であることが好ましい。

【0020】非磁性層の形成材料としては、公知の慣用又は慣用の材料を全て使用できる。例えば、Si及びMgOの他、Cr、Ti、Al、B、C、CuあるいはSiO<sub>2</sub>、SiC、TiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などを好適に使用することができる。

【0021】非磁性層の成膜方法は当業者に公知の慣用又は常用の方法であれば全て使用できる。例えば、ペーパデポジション法、DCマグネトロンスパッタ法、ECRスパッタ法などの方法を使用できる。

【0022】情報記録層5の最上部には保護層19を設けることができる。このような保護層の使用目的、形成材料などは当業者に公知である。保護層19の膜厚は一般的に、1nm～10nmの範囲内であることが好ましい。保護層19の膜厚が1nm未満では十分な保護効果が得られない。一方、保護層19の膜厚が10nm超のばあい、磁気特性を劣化させる可能性があり好ましくない。保護層19の成膜方法は例えば、ペーパデポジション法、RFスパッタ法、DCスパッタ法、ECRスパッタ法などである。保護層19はECRスパッタ法により成膜することが好ましい。ECRスパッタ法によれば、2～3nmの極薄膜でも、緻密でかつピンホールフリーで、しかも、カバレッジの良い保護膜が得られるからである。これは、RFスパッタ法やDCスパッタ法に比べて顕著な違いである。これに加えて、保護膜形成時に磁性膜の受けるダメージが著しく小さいという特徴もある。特に、50Gb/in<sup>2</sup>を超える高密度記録を行う場合、磁性膜厚は10nm以下になることが考えられるので、成膜時に磁性膜が受けるダメージの影響はますます顕著になる。そのような場合に、ECRスパッタ法は極めて有効な成膜手法であり、超高密度磁気記録用の磁性膜の製造を行う場合に有効である。

【0023】本発明の磁気記録媒体に使用される非磁性基板としては、アルミニウム基板の他に、ポリイミド、ポリエチレンテレフタレート等の高分子フィルム、ガラス類、セラミック、陽極酸化アルミ、黄銅などの金属板、Si単結晶板、表面を熱酸化処理したSi単結晶板などがある。

7

【0024】また、本発明の磁気記録媒体としては、ポリエステルフィルム、ポリイミドフィルムなどの合成樹脂フィルムを基体とする磁気テープや磁気ディスク、合成樹脂フィルム、アルミニウム板およびガラス板等からなる円盤やドラムを基体とする磁気ディスクや磁気ドラムなど、磁気ヘッドと摺接する構造の種々の形態を包含する。

【0025】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に例証する。

【0026】実施例1

#### I. 情報記録媒体の作製

図1に示される断面構造を有する情報記録媒体を作製した。作製した情報記録媒体1における情報記録層5の積層構造は、基板3に近いほうから、第1の磁性層9がCo-Cr-Pt系の硬質磁性膜、第2の磁性層11がFe-Ni系の軟磁性膜、そして、第3の磁性層13がCo-Cr-Pt-Ta系の硬質磁性膜の3層からなる。そして、第1の磁性層9と第2の磁性層11との間に間挿された第1の非磁性層15がSiであり、そして、第2の磁性層11と第3の磁性層13との間に間挿された第2の非磁性層17がMgOで、それぞれ各磁性層間の磁気的相互作用を制御した。剛性を有するディスク基板(基板)3として、2.5インチサイズのガラス基板を用い、この上に、第1の下地層7aとして、Ni<sub>55</sub>Al<sub>45</sub>膜を周波数2.98GHzのマイクロ波を用いた電子サイクロトロン共鳴(ECR)スパッタ法により作製した。ここで、ECRスパッタ法を用いたのは、Ni-Al膜の配向性を向上させ、かつ、結晶粒子を微細化できるからである。また、基板サイズや材質は本実施例に限られるものではなく、3.5インチや1インチサイズでも良く、また、基板はAlやAl合金、あるいは樹脂基板でも良く、サイズや基板の材質により本発明の効果が左右されないことは言うまでもない。ターゲットにはNi-Al合金を、また、放電ガスには高純度Arガスをそれぞれ用いた。スパッタ時の圧力は0.3mTorr、投入マイクロ波電力は0.7kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために500WのRFバイアスを印加した。基板温度は室温である。この下地膜の膜厚は20nmであった。次に、第2の下地層7bとしてCr<sub>85</sub>Ti<sub>15</sub>膜をDCスパッタ法により5nm膜厚に形成した。ターゲットにはCr-Ti合金を、放電ガスにはArをそれぞれ用いた。ここで、Cr-Ti膜におけるTi組成は、この膜の上に形成する磁性層(ここでは、Co-Cr-Pt)の組成や用いる材料に応じて変化させる必要がある。これは、材料の組成や用いる材料により格子定数が異なるため、エピタキシャルしくくなる場合があるからである。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入RF電力は1kWであった。

8

【0027】次に、第1の磁性層9として、Co<sub>69</sub>Cr<sub>19</sub>Pt<sub>12</sub>膜をDCスパッタ法により10nm膜厚に形成した。ターゲットにはCo-Cr-Pt合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφである。第1の磁性層の作製中は、基板3を350℃に加熱した。得られた第1の磁性層自身の保磁力は3.5kOe、飽和磁化は300emu/mlであった。ここでは、成膜法にDCマグネトロンスパッタ法を用いたが、ECRスパッタ法を用いてもよいことは言うまでもない。ECRスパッタ法を用いると、DCマグネトロンスパッタ法で作製した場合より保磁力が0.5kOe程度増大し、また、10nm以下の膜厚にしても保磁力の劣化は見られないか、あるいは著しく小さい。また、磁気異方性は3倍以上に増大した。また、第1の磁性層9の形成材料としてCo-Cr-Ptを用いたが、硬質磁性材料であれば、Sm-Co、Nd-Fe-B、Co-Cr-Pt-Ta、Co-Cr-Pt-Ta-B、Co-Cr-Pt-Bなどの結晶質の材料も同様に使用できる。

【0028】これに引き続き、第1の非磁性中間層15としてSi膜を5nm膜厚に形成した。ターゲットにはSiを、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφであった。この上に、第2の磁性層11として、軟磁性を有するFe<sub>75</sub>Ni<sub>25</sub>膜を10nmに形成した。ターゲットにはFe-Ni合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφであった。この第2の磁性層11単独での磁気特性は、保磁力が1.0Oe、比透磁率が3000(1MHz)、飽和磁束密度が1.7Tであった。

【0029】次に、第2の非磁性中間層17としてMgO膜を5nm膜厚にECRスパッタ法により形成した。ターゲットにはMgO膜を、放電ガスに高純度Arガスをそれぞれ用いた。スパッタ時の圧力は0.3mTorr、投入マイクロ波電力は0.7kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために500WのRFバイアスを印加した。基板温度は室温であった。得られた膜は、単体で2θ=62.5°付近にMgOの回折ピークが観測されただけで、この他のピークは観測されなかった。ここで、第2の非磁性中間層17にMgOを用いたのは、この薄膜上にCo系磁性膜を形成すると、Coの配向性をc軸が基板と平行方向を向くよう制御できるからである。

【0030】第2の非磁性中間層17の上に、第3の磁性層13として、Co<sub>69</sub>Cr<sub>18</sub>Pt<sub>10</sub>Ta<sub>3</sub>膜を10nm膜厚にDCスパッタ法により形成した。第3の磁性層13の成膜中は、基板を350℃に加熱した。ターゲットにはCo-Cr-Pt-Ta合金を、放電ガス

9

には純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3 mTorr、投入DC電力は1 kW/150 mm<sup>2</sup>であった。ここでは、成膜法にDCマグネトロンスパッタ法を用いたが、ECRスパッタ法を用いてもよいことは言うまでもない。ECRスパッタ法を用いると、DCマグネトロンスパッタ法で作製した場合より保磁力が0.5 kOe程度増大し、また、10 nm以下の膜厚でも保磁力の劣化は見られない。また、磁気異方性は3倍以上、大きく増大した。この第3の磁性層13の磁気特性を単膜状態で調べた。この磁気記録媒体の磁気特性を測定した。得られた磁気特性は、保磁力が3.8 kOe、 $I_s$ が $2.5 \times 10^{-16}$  emu、M-Hループにおけるヒステリシスの角型性の指標であるSが0.8、S<sup>†</sup>が0.91であり、良好な磁気特性を有していた。このように、角型性を示す指標が大きい（すなわち、角型に近い）のは、磁性結晶粒子間の相互作用が低減されたためである。

【0031】最後に、保護層19として、カーボン(C)膜を5 nmの膜厚に形成した。成膜にはマイクロ波を用いたECRスパッタ法を用いた。スパッタ時の圧力は0.3 mTorr、投入マイクロ波電力は0.7 kWである。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために500 VのDCバイアス電圧を印加した。ここでは、スパッタガスにArを使用した。窒素を含むガスを用いて成膜してもよいことは言うまでもない。窒素を含むガスを用いると、粒子が微細化するとともに、得られるC膜が緻密化し、保護性能をさらに向上させることができる。この膜の膜質は、このようなスパッタの条件に大きく依存しているため、この条件は絶対的なものではない。

【0032】II. 情報記録媒体の記録再生特性評価  
次に、このような構造および磁気特性を有する情報記録媒体を用いた磁気ディスクの媒体表面に潤滑剤を塗布してディスクの記録再生特性を評価した。磁気ディスク装置の構成の概略を図2に示す。磁気ヘッド23として、記録には、2.1 Tの高飽和磁束密度を有する軟磁性膜を用いた薄膜磁気ヘッドを用い、また、再生には、巨大磁気抵抗効果を有するデュアルスピンバルブ型磁気ヘッドを使用した。磁気ヘッドは駆動系24により制御される。磁気ディスク21はスピンドル22により回転し、ヘッド面と磁性膜との距離を12 nmに保った。このディスク21に50 Gb/in<sup>2</sup>に相当する信号を記録してディスクのS/Nを評価したところ、34 dBの再生出力が得られた。

【0033】ここで、記録時および再生（および保存）時の磁化の向きを図3に示す。この図から、記録時には、磁気ヘッドからの磁界により3層の各磁性層とも同じ向きの磁化を有している。しかし、再生（および保存）時の磁化の向きは、第1の磁性層9および第3の磁性層13と第2の磁性層11とは異なる向きの磁化の向

10

きである。このような構造を取ることにより、第1の磁性層9と第2の磁性層11との間、ならびに、第3の磁性層13と第2の磁性層11との間で還流磁区が形成されているので、情報記録層である第3の磁性層13に形成される磁区が安定に存在できる。特に、50 Gb/in<sup>2</sup>級の情報記録を行っても安定に磁区は存在できる。このディスクを70℃以上の環境中に1000時間以上放置しても再生信号出力の低下は3%以下であった。これに対して、基板/Ni-Al/Cr-Ti/Co-Cr-Pt-Ta/Cの通常の磁気ディスクの劣化の状況を調べたところ、70℃以上の環境中に1000時間以上放置したところ、30%の出力の低下が観測された。このように、非磁性層により区切られた3層構造の磁性層を有する本発明の構造を採用することにより、熱安定性を大きく向上させることができた。また、このディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値で、 $1 \times 10^{-5}$ 以下であった。

【0034】前記実施例では、情報記録用の磁性膜にCo-Cr-Pt-Ta系を用いたが、Ptの代りにPd, Tb, Gd, Sm, Nd, Dy, Ho, Euを用いても良く、また、Taの代りにNb, Si, B, Vなどの元素を用いても良い。また、複数の元素を含んでも良いことは言うまでもない。また、ここでは第1および第2非磁性中間層としてSiやMgOなどを用いたが、非磁性であれば無機化合物でも金属でもその材料に依存するものではない。また、ヘッド磁界を良好に情報記録媒体に印加するという観点からは、Co-Cr系やPt/Co人工格子膜などに代表される垂直磁化膜を用いても良い。

#### 【0035】実施例2

##### I. 情報記録媒体の作製

5層の磁性層と4層の非磁性層からなる情報記録層を有する情報記録媒体を作製した。作製した情報記録媒体における磁性膜の積層構造は、基板に近い方から、第1磁性層がCo-Cr-Pt-Ta系の硬質磁性膜、第2、3及び4磁性層がFe-Ni系の軟磁性膜、第5磁性層がCo-Cr-Pt-B系の硬質磁性膜の5層からなる。各磁性層の間にはMgOの非磁性層で分離することにより、それぞれ各磁性層間の磁氣的相互作用を制御した。剛性を有するディスク基板（基板）として、2.5インチサイズガラス基板を用い、この上に、第1の下地層として、Ni<sub>55</sub>Al<sub>45</sub>膜を周波数2.98 GHzのマイクロ波を用いた電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法により作製した。ここで、ECRスパッタ法を用いたのは、Ni-Al膜の配向性を向上させ、かつ、結晶粒子を微細化できるからである。また、基板サイズや材質は本実施例に限られるものではなく、3.5インチや1インチサイズでも良く、また、基板はAlやAl合金、あるいは樹脂基板でも良く、サイズや基板の材質により本発明の効果が左右されないことは言うま

11

でもない。ターゲットにはNi-Al合金を、また、放電ガスには高純度Arガスをそれぞれ用いた。スパッタ時の圧力は0.3mTorr、投入マイクロ波電力は0.7kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために500WのRFバイアスを印加した。基板温度は室温である。この下地膜の膜厚は20nmであった。次に、第2の下地層としてCr<sub>85</sub>Ti<sub>15</sub>膜をDCスパッタ法により25nm膜厚に形成した。ターゲットにはCr-Ti合金を、放電ガスにはArをそれぞれ用いた。ここで、Cr-Ti膜におけるTi組成は、この膜の上に形成する磁性層（ここでは、Co-Cr-Pt-Ta）の組成や用いる材料に応じて変化させる必要がある。これは、材料の組成や用いる材料により格子定数が異なるため、エピタキシャルしにくくなる場合があるからである。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入RF電力は1kWであった。

【0036】次に、基板に最も近い第1の磁性層として、Co<sub>66</sub>Cr<sub>19</sub>Pt<sub>12</sub>Ta<sub>3</sub>膜をDCスパッタ法により10nm膜厚に形成した。ターゲットにはCo-Cr-Pt-Ta合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφである。第1の磁性層の作製中は、基板を350℃に加熱した。得られた第1の磁性層自身の保磁力は3.5kOe、飽和磁化は300emu/mlであった。ここでは、成膜法にDCマグネトロンスパッタ法を用いたが、ECRスパッタ法を用いてもよいことは言うまでもない。ECRスパッタ法を用いると、DCマグネトロンスパッタ法で作製した場合より保磁力が0.5kOe程度増大し、また、10nm以下の膜厚にしても保磁力の劣化は見られないか、あるいは著しく小さい。また、第1の磁性層の形成材料としてCo-Cr-Pt-Taを用いたが、硬質磁性材料であれば、Sm-Co、Nd-Fe-B、Co-Cr-Pt-Ta-B、Co-Cr-Pt-Bなどの結晶質の材料も同様に使用できる。

【0037】これに引き続き、第1の非磁性中間層として膜厚2nmのMgO膜をECRスパッタ法により形成した。ターゲットにはMgOを、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は0.3mTorr、投入マイクロ波電力は0.7kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために、500WのRFバイアスを印加した。基板温度は室温であった。得られた膜は、単体で2θ=62.5°付近にMgOの回折ピークが観測されただけで、この他のピークは観測されなかった。ここで、第1の非磁性中間層としてMgO膜を使用したのは、この上部に形成する第2の磁性層である軟磁性膜をエピタキシャル成長させ、結晶性の良好な軟磁性薄膜を得るためである。

【0038】第1の非磁性中間層の上に、第2の磁性層として、軟磁性を有するFe<sub>75</sub>Ni<sub>25</sub>膜を3nmに

12

形成した。ターゲットにはFe-Ni合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφであった。この第2の磁性層単独での磁気特性は、保磁力が1.0Oe、比透磁率が3000(1MHz)、飽和磁束密度が1.7Tであった。

【0039】次に、第2の非磁性中間層としてMgO膜を2nm膜厚にECRスパッタ法により形成した。この成膜条件は第1の非磁性中間層の成膜条件と同じであった。この上部に、第3の磁性層、第3の非磁性層、第4の磁性層及び第4の非磁性層を順次積層した。第3及び第4の磁性層は、第2の磁性層と膜厚及び成膜条件を同一とした。また、第3及び第4の非磁性中間層は第1の非磁性中間層と同じ膜厚であり、同じ成膜条件で成膜した。この第4の非磁性中間層の上に、情報記録層として、第5の磁性層として、膜厚が10nmのCo<sub>65</sub>Cr<sub>20</sub>Pt<sub>12</sub>B<sub>3</sub>膜をDCスパッタ法により形成した。第5の磁性層の成膜中は、基板を350℃に加熱した。ターゲットにはCo-Cr-Pt-B合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は3mTorr、投入DC電力は1kW/150mmφであった。ここでは、成膜法にDCマグネトロンスパッタ法を用いたが、ECRスパッタ法を用いてもよいことは言うまでもない。ECRスパッタ法を用いると、DCマグネトロンスパッタ法で作製した場合より保磁力が0.4kOe程度増大し、また、10nm以下の膜厚でも保磁力の劣化は見られない。この第5の磁性層の磁気特性を単膜状態で調べた。この磁気記録媒体の磁気特性を測定した。得られた磁気特性は、保磁力が3.9kOe、I<sub>sv</sub>が2.2×10<sup>-16</sup>emu、M-Hループにおけるヒステリシスの角型性の指標であるSが0.85、S†が0.89であり、良好な磁気特性を有していた。このように、角型性を示す指標が大きい（すなわち、角型に近い）のは、磁性結晶粒子間の相互作用が低減されたためである。

【0040】最後に、保護層として、カーボン(C)膜を5nmの膜厚に形成した。成膜にはマイクロ波を用いたECRスパッタ法を用いた。スパッタ時の圧力は0.3mTorr、投入マイクロ波電力は0.7kWである。また、マイクロ波により励起されたプラズマを引き込むために500VのDCバイアス電圧を印加した。ここでは、スパッタガスにArを使用した。窒素を含むガスを用いて成膜してもよいことは言うまでもない。窒素を含むガスを用いると、粒子が微細化するとともに、得られるC膜が緻密化し、保護性能をさらに向上させることができる。この膜の膜質は、このようなスパッタの条件に大きく依存しているので、この条件は絶対的なものではない。ここで、保護膜の作製にECRスパッタ法を用いたのは、2~3nmの極薄膜でも、緻密かつピンホールフリーであり、しかもカバレッジのよいカーボン

13

膜が得られるからである。これはRFスパッタ法やDCスパッタ法に比べて顕著な違いである。これに加えて、保護膜や磁性膜の受けるダメージが著しく小さいという特徴もある。特に、 $50\text{Gb/in}^2$ を超える高密度記録を行う場合、磁性膜厚は $10\text{nm}$ 以下になることが考えられるので、成膜時に磁性膜が受けるダメージの影響はますます顕著になる。そのような場合に、ECRスパッタ法は極めて有効な成膜方法であり、超高密度磁気記録用の磁性膜を作製するのに特に有効である。

#### 【0041】II. 情報記録媒体の記録再生特性評価 10

次に、このような構造および磁気特性を有する情報記録媒体を用いた磁気ディスクの媒体表面に潤滑剤を塗布してディスクの記録再生特性を評価した。磁気ディスク装置としては実施例1で使用されたものと同じ、図2に示される構造の装置を使用した。この磁気ディスクに $50\text{Gb/in}^2$ に相当する信号を記録してディスクのS/Nを評価したところ、 $34\text{dB}$ の再生出力が得られた。

【0042】記録時および再生（および保存）時の磁化の向きとしては、記録時には、磁気ヘッドからの磁界により5層の各磁性層とも同じ向きの磁化を有している。20  
しかし、再生（および保存）時の磁化の向きは、第1、第3及び第5の磁性層と第2及び第4の磁性層とは異なる向きの磁化の向きである。このような構造を取ることにより、各上下の磁性層間に還流磁区が形成されているので、情報記録層である第5の磁性層に形成される磁区が安定に存在できる。特に、 $50\text{GB/in}^2$ 級の情報記録を行っても安定に磁区は存在できる。このディスクを $70^\circ\text{C}$ 以上の環境中に $1000$ 時間以上放置しても再生信号出力の低下は $4\%$ 以下であった。これに対して、  
基板/Ni-Al/Cr-Ti/Co-Cr-Pt-T 30  
a/Cの通常の磁気ディスクの劣化の状況を調べたところ、 $70^\circ\text{C}$ 以上の環境中に $1000$ 時間以上放置したところ、 $30\%$ の出力の低下が観測された。このように、非磁性層により区切られた奇数層構造の磁性層を有する本発明の構造を採用することにより、熱安定性を大きく向上させることができた。また、このディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値

14

で、 $1 \times 10^{-5}$ 以下であった。

#### 【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、磁気特性の異なる3層の磁性層を用い、これらの各磁性層を非磁性層で区切るにより、これらの各磁性層間で還流磁化回路が形成される。その結果、磁気ヘッドに最も近い情報記録用磁性層に形成される磁区の安定性を再生信号の低下無しに向上させることができる。熱揺らぎ、熱減磁に強い高信頼性を有する情報記録媒体を得ることができる。特に、 $50\text{Gb/in}^2$ 級の超高密度磁気記録において形成される $0.1\mu\text{m}$ 程度の磁区でも安定的に存在させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の情報記録媒体の一例の概要断面図である。

【図2】図1に示された情報記録媒体の記録再生に使用される磁気ディスク装置の一例であり、(A)はその平面図であり、(B)は(A)におけるB-B線に沿った断面図である。

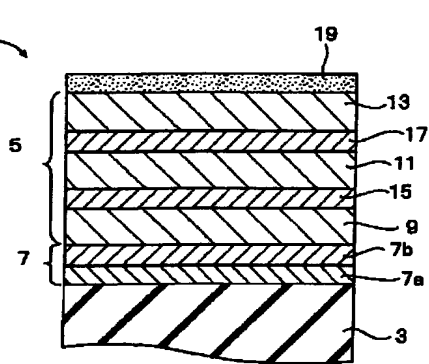
【図3】実施例で作製された情報記録媒体の記録再生時の磁化方向を示す模式図であり、(A)は記録時の磁化方向を示し、(B)は再生時の磁化方向を示す。

#### 【符号の説明】

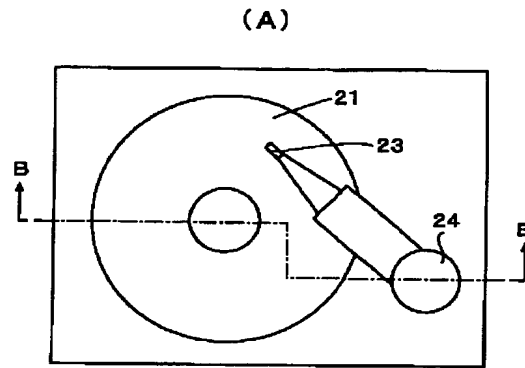
- 1 本発明の情報記録媒体
- 3 基板
- 5 情報記録層
- 7 下地層
- 9 第1の磁性層
- 11 第2の磁性層
- 13 第3の磁性層
- 15 第1の非磁性層
- 17 第2の非磁性層
- 19 保護層
- 21 磁気ディスク
- 22 スピンドル
- 23 磁気ヘッド
- 24 駆動系



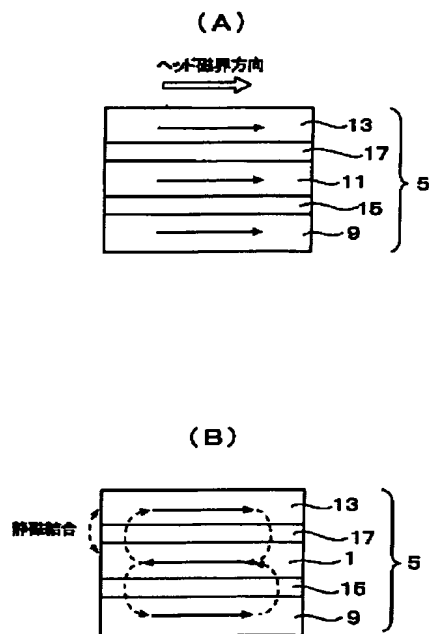
【図1】



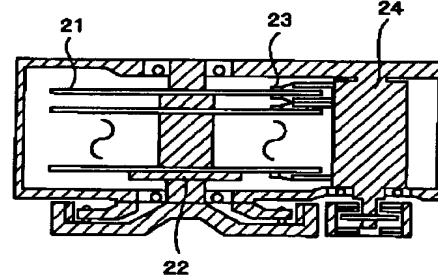
【図2】



【図3】



(B)



フロントページの続き

(72)発明者 神田 哲典  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72)発明者 松沼 悟  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72)発明者 木村 哲夫  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72)発明者 竹内 輝明  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB02 BB05 BB07 BB08 DA03

FA09